

09/582903

PCT/JP99/06150

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

04.11.99

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

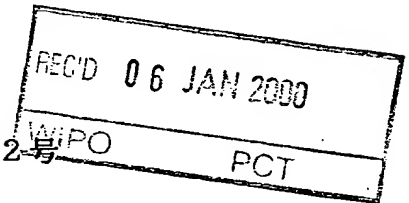
1999年 1月14日

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第008082号

出 願 人
Applicant(s):

セイコーインスツルメンツ株式会社



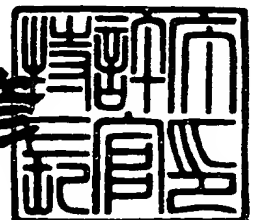
BEST AVAILABLE COPY

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

1999年12月10日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特平11-3085373

【書類名】 特許願

【整理番号】 99000023

【提出日】 平成11年 1月14日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N 37/00

【発明の名称】 近視野光プローブおよびその製造方法

【請求項の数】 19

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 光岡 靖幸

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 加藤 健二

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 新輪 隆

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 市原 進

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 千葉 徳男

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス

ツルメッツ株式会社内

【氏名】 大海 学

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス
ツルメッツ株式会社内

【氏名】 笠間 宣行

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメッツ株式会社

【代表者】 伊藤 潔

【代理人】

【識別番号】 100096286

【弁理士】

【氏名又は名称】 林 敬之助

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成10年特許願第331694号

【出願日】 平成10年11月20日

【整理番号】 98000551

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003012

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 近視野光プローブおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 近視野光を生成または散乱させる微小開口を有する近視野光プローブにおいて、

逆錐状の穴がその頂点を前記微小開口とするように貫通して形成された平面基板と、

前記平面基板の、前記微小開口が形成された面と反対側の面上に形成された光導波路と、

前記光導波路に形成され、光路を曲げる光反射膜と、
を備えたことを特徴とする近視野光プローブ。

【請求項 2】 前記光導波路は、前記逆錐状の穴の内側にも形成されたことを特徴とする請求項 1 に記載の近視野光プローブ。

【請求項 3】 前記逆錐状の穴が、斜度の異なる複数の斜面により形成されたことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の近視野光プローブ。

【請求項 4】 前記複数の斜面において、前記複数の斜面の平均の斜度より小さい斜度をもつ斜面が前記微小開口近傍にあることを特徴とする請求項 3 に記載の近視野光プローブ。

【請求項 5】 前記複数の斜面において、少なくとも 1 つの斜面が、前記平面基板の前記微小開口が形成された面となす角が、5.5 度より小さいことを特徴とする請求項 3 に記載の近視野光プローブ。

【請求項 6】 前記逆錐状の穴が、少なくとも 1 つの曲面状の斜面を有することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 のいずれか 1 つに記載の近視野光プローブ。

【請求項 7】 前記曲面状の斜面の少なくとも 1 つは、前記微小開口近傍において、開口に近づくに従って斜度が小さくなることを特徴とする請求項 6 に記載の近視野光プローブ。

【請求項 8】 前記光反射膜または前記光導波路は、前記微小開口への集光機能または前記微小開口からの光のコリメート機能を有していることを特徴とす

る請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 つに記載の近視野光プローブ。

【請求項 9】 前記光導波路が、クラッドとコアとの組み合わせによって構成されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 つに記載の近視野光プローブ。

【請求項 10】 前記平面基板は、前記微小開口を複数有し、前記光導波路および前記光反射膜は、少なくとも一つの光源から発せられた光を、前記複数の微小開口に導くように形成されたことを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 つに記載の近視野光プローブ。

【請求項 11】 逆錐状の穴がその頂点を微小開口とするように貫通して形成された平面基板と、

前記平面基板の、前記微小開口が形成された面と反対側の面上に形成された光導波路と、

前記光導波路に形成され、光路を曲げる光反射膜と、
を備えた近視野光プローブを製造するにあたり、

前記光導波路は、前記平面基板上に積層されて形成されることを特徴とする近視野光プローブ製造方法。

【請求項 12】 逆錐状の穴がその頂点を微小開口とするように貫通して形成された平面基板と、

前記平面基板の、前記微小開口が形成された面と反対側の面上に形成された光導波路と、

前記光導波路に形成され、光路を曲げる光反射膜と、
を備えた近視野光プローブを製造するにあたり、

前記光導波路は、前記平面基板上に接合されて形成されることを特徴とする近視野光プローブの製造方法。

【請求項 13】 近視野光を生成または散乱させる微小開口を有する近視野光プローブの製造方法において、

平面基板に、頂点を前記微小開口とするように貫通した逆錐状の穴を形成する工程と、

光導波路を、前記微小開口が形成された面と反対側の面上に積層形成する工程

と、

光反射膜を、光路を曲げるように前記光導波路に形成する工程と、
を含むことを特徴とする近視野光プローブの製造方法。

【請求項 14】 近視野光を生成または散乱させる微小開口を有する近視野光プローブの製造方法において、

平面基板に、頂点を前記微小開口とするように貫通した逆錐状の穴を形成する工程と、

光導波路を、前記微小開口が形成された面と反対側の面上に接合して形成する工程と、

光反射膜を、光路を曲げるように前記光導波路に形成する工程と、

を含むことを特徴とする近視野光プローブの製造方法。

【請求項 15】 近視野光を生成または散乱させる微小開口を有する近視野光プローブの製造方法において、

平面基板に、頂点を第 1 の微小開口として貫通した逆錐状の穴を形成する工程と、

前記逆錐状の穴のテーパ部上に光反射膜を形成し、当該光反射膜の厚みによって規定される大きさでかつ前記第 1 の微小開口よりも小さい第 2 の微小開口を形成する工程と、

を含むことを特徴とする近視野光プローブの製造方法。

【請求項 16】 近視野光を生成または散乱させる微小開口を有する近視野光プローブの製造方法において、

平面基板に、頂点を第 1 の微小開口として貫通した逆錐状の穴を形成する工程と、

前記逆錐状の穴のテーパ部上に部分的に異なる厚みの光反射膜を形成し、当該光反射膜の厚みによって規定される形状でかつ前記第 1 の微小開口の形状と異なる形状の第 2 の微小開口を形成する工程と、

を含むことを特徴とする近視野光プローブの製造方法。

【請求項 17】 近視野光を生成または散乱させる微小開口を有する近視野光プローブの製造方法において、

平面基板に、頂点を第1の微小開口として貫通した逆錐状の穴を形成する工程と、

前記平面基板において前記第1の微小開口を含む面上に光反射膜を形成し、当該光反射膜の厚みによって規定される大きさでかつ前記第1の微小開口よりも小さい第2の微小開口を形成する工程と、

を含むことを特徴とする近視野光プローブの製造方法。

【請求項18】 近視野光を生成または散乱させる微小開口を有する近視野光プローブの製造方法において、

平面基板に、頂点を第1の微小開口として貫通した逆錐状の穴を形成する工程と、

前記逆錐状の穴のテーパ部を含む前記平面基板の面上に酸化膜を形成し、当該酸化膜の厚みによって規定される大きさでかつ前記第1の微小開口よりも小さい第2の微小開口を形成する工程と、

を含むことを特徴とする近視野光プローブの製造方法。

【請求項19】 近視野光を生成または散乱させる微小開口を有する近視野光プローブの製造方法において、

平面基板に、頂点を第1の微小開口とするように貫通した逆錐状の穴を形成する工程と、

前記逆錐状の穴のテーパ部を含む前記平面基板の面にイオン注入を行ない、当該イオン注入によって膨張した厚みによって規定される大きさでかつ前記第1の微小開口よりも小さい第2の微小開口を形成する工程と、

を含むことを特徴とする近視野光プローブの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、近視野光を利用した高密度な情報の再生および記録を可能とする近視野光プローブ、または微細領域の光学情報を得る近視野光プローブに関し、特に微小開口から効率よく光を照射・検出する近視野光プローブおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

通常の光学特性を観察する光学顕微鏡は、試料の照射に用いられる可視光、すなわち伝搬光の回折限界により、構造観察の分解能に限界があり、数百ナノメートル以下の試料の構造を分析することが困難となっている。そこで、試料表面においてナノメートルオーダの微小な領域を観察するために走査型トンネル顕微鏡や原子間力顕微鏡に代表される走査型プローブ顕微鏡が用いられる。この走査型プローブ顕微鏡は、先端が先鋭化されたプローブを試料表面に走査させ、プローブと試料表面との間に生じるトンネル電流や原子間力などの相互作用を観察対象として、プローブ先端形状に依存した分解能の像を得ることができる。しかし、得られる表面形状像の分解能はプローブの先端形状に依存している。

【0003】

そこでいま、プローブと試料表面に生成される近視野光との間に生じる相互作用を検出することで前述の光学顕微鏡における伝搬光の回折限界を打破し、試料表面の微小な領域の観察を可能とした近視野光学顕微鏡が注目されている。

【0004】

近視野光学顕微鏡においては、伝搬光を試料の表面に照射して近視野光を生成し、生成された近視野光を先端が先鋭化されたプローブによって散乱させ、その散乱光を従来の伝搬光検出と同様に処理することで、光学顕微鏡による観察分解能の限界を打破し、より微小な領域の観察を可能としている。また、試料表面に照射する光の波長を掃引することで、微小領域における試料の光学物性の観察をも可能としている。

【0005】

近視野光学顕微鏡には、光ファイバを先鋭化して周辺を金属でコーティングし、その先端に微小開口を設けた光ファイバプローブを使用することが多く、その微小開口部を近視野光と相互作用させることによって生じた散乱光をその光ファイバプローブ内部に通過させて光検出器に導く。

【0006】

また、光ファイバプローブを通して試料に向けて光を導入させることによって

、光ファイバプローブの微小開口に近視野光を生じさせ、この近視野光と試料表面の微細構造との相互作用によって生じた散乱光を、更に付加された集光系を用いて光検出器に導き、表面観察を行うことも可能である。

【0007】

更に、顕微鏡としての利用だけでなく、光ファイバプローブを通して試料に向けて比較的強度の大きな光を導入させることにより、光ファイバプローブの微小開口にエネルギー密度の高い近視野光を生成し、その近視野光によって試料表面の構造または物性を局所的に変更させる高密度な光メモリ記憶としての応用も可能である。

【0008】

近視野光学顕微鏡に使用されるプローブとして、例えば米国特許第5294790号に開示されているように、フォトリソグラフィ等の半導体製造技術によってシリコン基板にこれを貫通する開口部を形成し、シリコン基板の一方の面には絶縁膜を形成して、開口部の反対側の絶縁膜上に円錐形状の光導波路を形成したプローブが提案されている。この光プローブにおいては、開口部に光ファイバを挿入し、光導波路の先端部以外を金属膜でコーティングすることで形成された微小開口に光を透過させることができる。

【0009】

更に、上述したプローブのように先鋭化された先端をもたない平面プローブの使用が提案されている。平面プローブは、シリコン基板に異方性エッチングによって逆ピラミッド構造の開口を形成したものであり、特にその頂点が数十ナノメートルの径を有して貫通されている。そのような平面プローブは、半導体製造技術を用いて同一基板上に複数作成すること、すなわちアレイ化が容易であり、特に近視野光を利用した光メモリの再生および記録に適した光メモリヘッドとして使用できる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、光ファイバプローブにおいては、先鋭化された先端を有しているために（１）機械的強度が十分でなく、（２）大量生産しにくく、（３）アレ

イ化にも適していない。また、(4) 近視野光を乱すことで得られる散乱光は非常に微弱であるため、光ファイバを通してその散乱光を検出する場合には、検出部において十分な光量を得るための工夫が必要となる。また、光ファイバを通して十分な強さの近視野光を生成する場合には、(5) その光ファイバの微小開口部に光を集光する工夫が必要となる。

【0011】

また、光プローブにおいては、(1) アレイ化、特に2次元的に配列するアレイ化の実現は困難である。また、これらは元来、顕微鏡としての利用を目的としているために光メモリの情報の記録あるいは再生を念頭においてはおらず、(2) 記録媒体上の高速な掃引は困難である。

【0012】

また、平面プローブにおいては、大量生産およびアレイ化に適しており、突出した先鋭部をもたないために機械的強度も十分ではあるが、(1) その開口部に十分な強さの近視野光を生成するために、光を集光する工夫が必要となる。たとえば、その開口部にボールレンズを充填することによって集光を実現することが提案されているが、ボールレンズには個々のぼらつきがあり、開口部に光の焦点をあわせることは困難である。

【0013】

さらに、上記したプローブの開口は、近視野光を生成するために、または近視野光を散乱させるために、伝搬光（レーザ光等）の波長以下のサイズに形成する必要があるが、このようなサイズ（10ナノメートル～200ナノメートル）の開口を、目的とする形状および大きさに正確に再現性高く作製することは困難であった。

【0014】

例えば、上記した平面プローブにおいて、シリコン基板に近視野光の生成または散乱に適した微小な開口を作製するのに、通常、エッチング処理を施すが、シリコン基板の品質やエッチング溶液の濃度むらが問題となることがある。

【0015】

前者のシリコン基板の品質については、異方性エッチングによるテーパ部の形

成によりシリコン基板を貫通させた穴を開口とする方法や、テーパ部の形成されたシリコン基板の裏面から等方性エッチング（バックエッチング）によって開口を出現させる方法などは、シリコンの周期的な結晶面の存在を前提としており、結晶欠陥や不純物が含まれた部分において、意図した方向や速度でのエッチングがおこなわれずに、最終的に得られる開口部の形状やサイズに狂いが生じることである。

【0016】

また、後者のエッチング溶液の濃度むらの問題とは、エッチング溶液には多少なりとも濃度にむらが存在しており、このむらによって、シリコン基板上において、エッチングが速く進む部分と遅く進む部分、すなわちエッチング速度の異なる領域が現れ、最終的に得られる開口部の形状やサイズに狂いが生じることである。このような問題は、特にシリコンウェハ上に多数の平面プローブを形成しようとする場合には、無視できず、歩留まりの低下を招く原因となっていた。

【0017】

本発明は上記問題を鑑みて、十分な強度の近視野光を検出および生成できる近視野光プローブ、さらに近視野光を利用した光メモリの情報の記録または再生を実現させるために、コンパクトな構成でありかつ大量生産および2次元的に配列したアレイ化に適した光メモリヘッドとしての近視野光プローブおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明に係る近視野光プローブにおいては、逆錐状の穴がその頂点を微小開口とするように貫通して形成された平面基板と、前記平面基板の、前記微小開口が形成された面と反対側の面上に形成された光導波路と、前記光導波路に形成され、光路を曲げる光反射膜と、を備えたことを特徴としている。

【0019】

従って、光反射膜による光の反射により微小開口近辺に光を集光することができ、開口より生成される近視野光の強度の増加が図れるとともに、機械的な強度

の大きい、コンパクトな構成でかつ、量産性に優れた近視野光プローブを提供できる。

【0020】

また、本発明に係る近視野光プローブにおいては、前記光導波路は、前記逆錐状の穴の内側にも形成されたことを特徴としている。従って、光導波路を微小開口近くに配置することが可能となり、微小開口部に照射する光量が多くなって、開口より生成される近視野光の強度の増加が図れるとともに、機械的な強度の大きい、コンパクトな構成でかつ、量産性に優れた近視野光プローブを提供できる。

【0021】

また、本発明に係る近視野光プローブにおいては、前記逆錐状の穴が、斜度の異なる複数の斜面により形成されたことを特徴とし、さらに、前記複数の斜面において、前記複数の斜面の平均の斜度より小さい斜度をもつ斜面が前記微小開口近傍にあることを特徴としている。

【0022】

従って、微小開口近辺で緩やかな斜面を有する構造にすることで、開口近辺での光伝搬のロスを減少することができ、開口より生成される近視野光の強度の増加が図れるとともに、機械的な強度の大きい、コンパクトな構成でかつ、量産性に優れた近視野光プローブを提供できる。

【0023】

また、前記複数の斜面において、少なくとも1つの斜面が、前記平面基板の前記微小開口が形成された面となす角が、55度より小さいことを特徴とすることによっても、開口近辺での光伝搬のロスを減少することができ、開口より生成される近視野光の強度の増加が図れる。

【0024】

また、本発明に係る近視野光プローブにおいては、前記逆錐状の穴が、少なくとも1つの曲面状の斜面を有することを特徴としている。従って、微小開口近辺では緩やかな斜面を有し、開口近辺での光伝搬のロスを減少することができ、開口より生成される近視野光の強度の増加が図れるとともに、機械的な強度の大き

い、コンパクトな構成でかつ、量産性に優れた近視野光プローブを提供できる。

【0025】

また、本発明に係る近視野光プローブにおいては、前記曲面状の斜面の少なくとも1つは、前記微小開口近傍において、開口に近づくに従って斜度が小さくなることを特徴としている。従って、微小開口近辺で緩やかな斜面を有する構成にすることで、開口近辺での光伝搬のロスを減少することができ、開口より生成される近視野光の強度の増加が図れるとともに、機械的な強度の大きい、コンパクトな構成でかつ、量産性に優れた近視野光プローブを提供できる。

【0026】

また、本発明に係る近視野光プローブにおいては、前記光反射膜、あるいは前記光導波路は、前記微小開口への集光機能あるいは前記微小開口からの光（近視野光の検出時において散乱された光）のコリメート機能を有していることを特徴としている。従って、光反射膜あるいは光導波路に構成した集光機能の効果により微小開口部に光を集光することができ、開口より生成される近視野光の強度の増加が図れるとともに、機械的な強度の大きい、コンパクトな構成でかつ、量産性に優れた近視野光プローブを提供できる。

【0027】

また、光反射膜あるいは光導波路に構成した光のコリメート機能の効果により微小開口から検出した光を効率よく伝搬することができる近視野光プローブを提供できる。

【0028】

また、本発明に係る近視野光プローブにおいては、前記光導波路が、クラッドとコアとの組み合わせによって構成されていることを特徴としている。従って、光導波路を、屈折率の異なるコア、クラッドの構成とすることで、光の伝搬効率のよい近視野光プローブを提供できる。

【0029】

また、本発明に係る近視野光プローブにおいては、前記平面基板は、前記微小開口を複数有し、前記光導波路および前記光反射膜は、前記微小開口が形成された面と反対側の面上に形成され、一つの光源より発した光を、前記複数の微小開

口の方向に導くように形成されたことを特徴としている。

【 0 0 3 0 】

従って、本発明に係る近視野光プローブを光メモリヘッドとして使用する場合に、プローブの高速な掃引を行わずに、高速な情報の記録かつ再生を可能とし、かつメディアに十分な光量を供給でき、コンパクトな構成で量産性に優れた光プローブを提供できる。

【 0 0 3 1 】

次に、本発明に係る近視野光プローブの製造方法では、逆錐状の穴がその頂点を微小開口とするように貫通して形成された平面基板と、前記平面基板の、前記微小開口が形成された面と反対側の面上に形成された光導波路と、前記光導波路に形成され、光路を曲げる光反射膜と、を備えた近視野光プローブを製造するにあたり、前記光導波路は、前記平面基板上に積層されて形成されることを特徴としている。また、前記光導波路は、前記平面基板上に接合されて形成されることを特徴としている。

【 0 0 3 2 】

また、本発明に係る近視野光プローブの製造方法では、平面基板に、頂点を微小開口とするように貫通した逆錐状の穴を形成する工程と、光導波路を、前記微小開口が形成された面と反対側の面上に積層形成する工程と、光反射膜を、光路を曲げるように前記光導波路に形成する工程と、を含むことを特徴としている。

【 0 0 3 3 】

あるいは、光導波路を、前記微小開口が形成された面と反対側の面上に積層形成する工程に代わり、光導波路を、前記微小開口が形成された面と反対側の面上に接合して形成する工程にて行うことを特徴としている。

【 0 0 3 4 】

従って、このような製造方法では、フォトリソグラフィ技術を用いた半導体製造プロセスにて作製でき、コンパクトな構成で、良好な再現性を有し、量産性に優れた近視野光プローブを提供できる。また、同一基板上に複数の開口を形成するアレイ化した近視野光プローブおよび光メモリヘッドを提供できる。

【 0 0 3 5 】

また、本発明に係る近視野光プローブの製造方法では、平面基板に、頂点を第 1 の微小開口として貫通した逆錐状の穴を形成する工程と、前記逆錐状の穴のテーパ部上に光反射膜を形成し、当該光反射膜の厚みによって規定される大きさでかつ前記第 1 の微小開口よりも小さい第 2 の微小開口を形成する工程と、を含むことを特徴としている。

【 0 0 3 6 】

従って、シリコン基板等の平面基板に比較的大きな微小開口（第 1 の微小開口）を形成することで、エッチング処理等による微小開口のぼらつきを低減させ、またぼらついた微小開口に対しても、逆錐状の穴のテーパ部上に比較的制御の容易な成膜処理を行なうことで、実際に有効となる微小開口（第 2 の微小開口）の大きさを規定するので、歩留まり良く平面プローブを得ることができる。

【 0 0 3 7 】

また、本発明に係る近視野光プローブの製造方法では、平面基板に、頂点を第 1 の微小開口として貫通した逆錐状の穴を形成する工程と、前記逆錐状の穴のテーパ部上に部分的に異なる厚みの光反射膜を形成し、当該光反射膜の厚みによって規定される形状でかつ前記第 1 の微小開口の形状と異なる形状の第 2 の微小開口を形成する工程と、を含むことを特徴としている。

【 0 0 3 8 】

従って、シリコン基板等の平面基板に比較的大きな微小開口（第 1 の微小開口）を形成することで、エッチング処理等による微小開口のぼらつきを低減させ、またぼらついた微小開口に対しても、逆錐状の穴のテーパ部上に部分的に厚みの異なる成膜処理を行なうことで、実際に有効となる微小開口（第 2 の微小開口）の形状を規定するので、歩留まり良く平面プローブを得ることができる。

【 0 0 3 9 】

また、本発明に係る近視野光プローブの製造方法では、平面基板に、頂点を第 1 の微小開口として貫通した逆錐状の穴を形成する工程と、前記平面基板において前記第 1 の微小開口を含む面上に光反射膜を形成し、当該光反射膜の厚みによって規定される大きさでかつ前記第 1 の微小開口よりも小さい第 2 の微小開口を形成する工程と、を含むことを特徴としている。

【 0 0 4 0 】

従って、シリコン基板等の平面基板に比較的大きな微小開口（第 1 の微小開口）を形成することで、エッチング処理等による微小開口のばらつきを低減させ、またばらついた微小開口に対しても、平面基板の裏面上（前記第 1 の微小開口を含む面上）に比較的制御の容易な成膜処理を行なうことで、実際に有効となる微小開口（第 2 の微小開口）の大きさを規定するので、歩留まり良く平面プローブを得ることができる。

【 0 0 4 1 】

また、本発明に係る近視野光プローブの製造方法では、平面基板に、頂点を第 1 の微小開口として貫通した逆錐状の穴を形成する工程と、前記逆錐状の穴のテーパ部を含む前記平面基板の面上に酸化膜を形成し、当該酸化膜の厚みによって規定される大きさでかつ前記第 1 の微小開口よりも小さい第 2 の微小開口を形成する工程と、を含むことを特徴としている。

【 0 0 4 2 】

また、平面基板に、頂点を第 1 の微小開口とするように貫通した逆錐状の穴を形成する工程と、前記逆錐状の穴のテーパ部を含む前記平面基板の面にイオン注入を行ない、当該イオン注入によって膨張した厚みによって規定される大きさでかつ前記第 1 の微小開口よりも小さい第 2 の微小開口を形成する工程と、を含むことを特徴としている。

【 0 0 4 3 】

従って、シリコン基板等の平面基板に目的とする大きさや形状よりも大きな微小開口（第 1 の微小開口）を形成し、この微小開口のテーパ部を含めた表面を熱酸化またはイオン注入することによって膨張した部分が、実際に近視野光を生成するための微小開口（第 2 の微小開口）の大きさおよび形状を規定しているので、エッチング処理等によりシリコン基板に開口を微小に形成する際のばらつきの問題を、比較的制御の容易な熱酸化またはイオン注入処理によって解消することができ、歩留まり良く平面プローブを得ることができる。

【 0 0 4 4 】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明に係る近視野光プローブの実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0045】

(実施の形態1)

図1は、実施の形態1に係る近視野光プローブの一部の断面図を示している。図1において、開口6を有するシリコン基板1上に、光反射膜2を介して光導波層4を設け、またその上面には光反射膜3を設けている。

【0046】

シリコン基板1はこれを貫通するようにテーパ部7が形成され、微小な開口6を有している。開口6は、テーパ部7から導入される光によって近視野光が生成されるように、200ナノメートル以下の微小な径を有している。テーパ部7は、異方性を有するシリコンのエッチング技術によりシリコン基板1を加工することにより形成される。このテーパ部7には、上部より伝わった光を反射し、より多くの光を開口6に集光できるように光反射膜2が形成される。

【0047】

テーパ部7の内側およびシリコン基板1上には光導波層4が形成される。また、光導波層4上には、ミラーの反射効率を向上するように、あるいは光導波層での伝搬効率を向上するように、光反射膜3が形成される。図中には示していないが、レーザ光源あるいは光ファイバより出力された光は、光入射端5より光導波層4内に入射し、光導波層4により開口6上面に導かれる。開口6上には、光の方向を変えるミラー部8が設けてあり、光導波層4を伝搬してきた光はこのミラー部8で反射し、進行方向を開口方向に向けて進んでいく。ミラー部8は凹面の形状をしており、反射する光は開口6近辺に集光される。

【0048】

また、ミラー部8に、グレーティングを形成しても良い。ミラー部8に、波長λ程度のピッチで溝を形成する。ここで反射する光は、グレーティングの効果により、開口6近辺に集光される。ミラー部8で反射され、開口6方向に伝搬する光は、テーパ部7内側に形成された光反射膜2により反射され、さらに開口6方向に集光される。このように、集光されることにより、局所的な高エネルギーの

光が集められ、開口6に生ずる近視野光の強度を増大させる。

【0049】

図2(A)および図2(B)は、図1に示した近視野光プローブの製造工程の1つを示す説明図である。図2(A)は側面からみた形状を、図2(B)は上面からみた形状を示す。はじめに、ステップS101では、シリコンの異方性を有するエッチング法にてシリコン基板1内にテーパ部7を形成する。例えば、(100)結晶方位を有するシリコン基板の上面に異方性エッチングのマスクとなる熱酸化膜または、窒化膜を設け、通常の半導体工程で使用するフォトリソグラフィ技術をもちいてマスクに開口窓を設け、エッチングされるシリコン表面を露出させる。

【0050】

続いて、開口窓が形成された面をエッチング溶液にさらし、シリコン基板1に逆ピラミッド構造をした四方面のテーパを形成する。次にシリコン基板1上に形成したマスク材を除去することにより、テーパ部7が形成されたシリコン基板1を得ることができる。エッチング溶液として、例えば、水酸化カリウム(KOH)水溶液あるいはテトラメチルアンモニウムヒドロキシド(TMAH)水溶液といった面方位によってエッチング速度が異なる溶液を使用することにより、容易にテーパを形成することが可能である。また、エッチング溶液に浸すことに代わり、異方性を有するドライエッチング、例えば反応性イオンエッチング(RIE)装置によるエッチングを用いることによってもテーパ部の形成が可能となる。

【0051】

続いて、ステップS102では、シリコン基板1を裏面側よりエッチングし、基板の厚みを薄くすることにより、シリコン基板1内に微小な開口6を形成する。なお、このエッチングは開口6が形成されたところで終了する。その結果、テーパ部7の底面に開口6が形成される。開口6は、50nmから3μm程度のサイズに形成される。エッチングは、ウェットエッチングを用いても、ドライエッチングを用いても良い。

【0052】

また、ステップ S 1 0 2 の工程を行わず、ステップ S 1 0 1 の工程にて開口 6 を形成してもよい。つまり、表面からエッチングを行って、シリコン基板 1 を貫通させ、開口 6 を形成することができる。

【0053】

続いて、ステップ S 1 0 3 では、テーパ内部およびシリコン基板上面にアルミニウム (A l) や金 (A u) といった光反射率の高い材料を積層し、光反射膜 2 を形成する。光反射膜 2 を形成することで、開口近辺に伝搬された光を反射し、開口 6 に集光することが可能となる。この結果、開口 6 に集光される光の強度が増大し、強度の大きな近視野光を発生させることができる。

【0054】

続いて、ステップ S 1 0 4 では、光反射膜 2 上に、光導波層 4 (光導波路) を積層する。光導波層 4 の材料は、酸化シリコンや窒化シリコン等の誘電体材料、あるいは、ポリイミドやポリメタクリル酸といった高分子材料を使用する。誘電体材料である酸化シリコンの場合、スパッタリング法、C V D 法、真空蒸着法によって容易に形成できる。この光導波層 4 を屈折率の異なるコア、クラッドにより形成してもよい。この場合、光はコアを全反射して伝搬していくため、伝搬ロスを減少させることができる。

【0055】

また、ステップ S 1 0 4 では、あらかじめ作成された光導波層 4 を、光反射膜 2 上に接合して形成してもよい。この場合、図 2 に示すようにテーパ内に光導波路を形成せずに、シリコン基板 1 の上面のみに光導波路を配置するようにしても良い。光導波路の接合方法としては、陽極接合法、金属接合法などが使用できる。陽極接合法を使用する場合は、シリコン基板 1 上の光反射膜 2 の一部を剥離し、光導波層 4 となる酸化シリコンをシリコン基板表面に接合する。金属接合法を使用する場合は、光導波層 4 の接合面に、光反射膜 2 と同様な材料を形成し、光反射膜 2 と接合する。

【0056】

続いて、ステップ S 1 0 5 では、フォトリソグラフィ技術とエッチングを用いて、光導波層 4 の形状を加工する。通常の半導体製造工程で用いられるフォトリ

ソグラフィ技術を使用して、光導波層 4 上にエッチングを保護するマスク材を積層してパターニングを行なう。その後、光導波層 4 をエッチングし、マスク材を除去することにより、光導波層 4 をパターニングできる。この光導波層のパターニングに際し、同時にミラー部 8 を形成する。

【0057】

ミラー部 8 は、水平方向より進んできた光を開口 6 の方向に反射できる角度に形成され、さらに、反射した光を開口 6 の近辺に集光するように凹面形状をしている。このような形状をしたミラー部 8 を形成するために、光導波層 4 のエッチングは、反応性イオンエッチングに代表される異方性を有するドライエッチング法を用いる。

【0058】

また、ミラー部 8 を、グレーティング形状に作製しても良い。この場合、ミラー部 8 に、波長 λ 程度のピッチで溝を作製する。グレーティングの作製は、電子ビーム加工、ドライエッチング法、収束イオンビーム法などの微細加工方法を用いることができる。

【0059】

最後に、ステップ S106 では、光導波層 4 上に、光反射膜 3 を形成する。光反射膜 3 には、光反射率の高い Al, Au といった金属材料を使用し、スパッタリング法あるいは真空蒸着法にて形成する。光反射膜 3 により、ミラー部 8 で光を反射し、多くの光を開口 6 の近辺に集光することが可能となる。この結果、開口 6 に到達する光の強度が増大し、強度の大きな近視野光を発生させることが可能となる。また、光反射膜 3 を設けることで、上方あるいは側面からの光ノイズを除去できる。

【0060】

以上、本発明の実施の形態 1 における近視野光プローブでは、光を反射する機能に加え、光を集光する機能を有した構造をしており、開口近辺に多くの光を照射することが可能となり、光強度の大きい近視野光を容易に発生させることができる。

【0061】

また、半導体製造プロセスに用いられる技術によって微小な開口を形成できるため、このような開口を有するシリコン基板は、近視野光を生成できる平面プローブとして、特に同一シリコン基板上に複数の開口を形成するアレイ化を容易とする。また、シリコンプロセスを経て作製するので、バッチ処理が可能となり、量産に適したものとなる。また、ウェハに対する一括した工程で作製できるため、形成される平面プローブまたは形成される開口のばらつきが少なく、製品特性が安定する。また、プローブの小型化が可能となり、ウェハあたりの取り個数が増加するので、コスト低減を図ることができる。

【0062】

次に、以上に説明した近視野光プローブの構成を光メモリヘッドとして記録媒体上に配置し、開口6に生成される近視野光によって光記録を行う方法を説明する。まず、前記光メモリヘッドを、例えば円盤状の記録媒体の上方に配置する。そして、光メモリヘッドの開口に生成される近視野光を記録媒体に作用させるために、開口と記録媒体との間を開口径程度まで近接させる必要がある。そこで、光メモリヘッドと記録媒体の間に潤滑剤を充填し、光メモリヘッドを十分に薄く形成することで、潤滑剤の表面張力を利用して光メモリヘッドと記録媒体との間隔を十分に小さく維持できる。更には、記録媒体の歪みに対しても追従できる。

【0063】

なお、光メモリヘッドと記録媒体との近接状態を上記した潤滑剤によらずに、ハードディスク技術に用いられているフライングヘッドと同様にエアベアリングによって制御してもよい。

【0064】

また、記録媒体として用いられる材料を、例えば相変化記録方式を適用できる材料とした場合には、その記録は光エネルギーのヒートモードを用いて行なわれるために、光の高エネルギー化は重要な要素となる。従って、近視野光を利用した光記録の場合も十分に大きな強度の近視野光の生成が望まれ、本発明による光メモリヘッドにおいては、図1中に示したミラー部8における凹面による集光作用によって、その近視野光の強度増強を達成している。

【0065】

上述した説明においては、光メモリヘッドの開口に集光して近視野光を生成させる、いわゆる近視野光学顕微鏡で言うイルミネーションモードであるが、他の光学系によって記録媒体面に光を照射し、記録媒体面上の微小な情報記録構造によって生ずる近視野光を微小な開口によって検出する、いわゆるコレクションモードに対しても本発明による近視野光プローブは有効となる。その場合、開口6で検出された近視野光は散乱光に変換されて、光導波層4を伝搬し、光入射端5に到達する。そこで、光入射端近辺に光検出器を配置する。

【0066】

また、実施の形態1に係る光メモリヘッドとして使用する近視野光プローブは、一般的な半導体プロセスにて形成されているため、上述したように、同一シリコン基板上に2次元的に複数個配列させることが容易となる。図3に、前記光メモリヘッドを同一シリコン基板上に2次元的にアレイ状に配置した光メモリヘッドアレイの構成を示す。1つの光源12から照射された光が、4つの光メモリヘッド11の開口上面に導かれるように光導波路層13が形成される。光源12によって照射された光は、シリコン基板10の端面に存在する光導波路層13の入射端に照射され、光導波路層13内に導入される。導入された光は、光導波路層13内を通り、図1と同様に、テーパ部内に設けた光反射膜により反射されながら、効率良く各々の光メモリヘッド11の開口近辺に導かれる。導かれた光によって、各々の開口からは近視野光が生成される。図3に示した光メモリヘッドアレイにおいては、1つの光源に対して、1つのシリコン基板10上に4つの光メモリヘッド11を記しているが、これに限らず、様々な組み合わせが可能である。

【0067】

上記のように、実施の形態1に係る光メモリヘッドとして使用する近視野光プローブは、同一シリコン基板上に2次元的に複数個配列する構成が可能のため、記録媒体上におけるヘッドの掃引を最小限に抑え、高速な光記録および読み出しが可能となり、更には、前記配列間隔を記録媒体上の情報記録単位間隔に適合させることによってトラッキングレスを実現することができる。

【0068】

(実施の形態 2)

図 4 は、実施の形態 2 に係る近視野光プロープの一部の断面図を示している。図 4 において、実施の形態 1 に係る近視野光プロープと同様に、開口 6 を有するシリコン基板 1 上に、光反射膜 2 を介して光導波層 4 を設け、またその上面には光反射膜 3 を設けている。開口 6 は、テーパ部 7 から導入される光によって近視野光が生成されるように、200 ナノメートル以下の微小な径を有している。

【0069】

実施の形態 2 に係る近視野光プロープでは、光導波層 4 に光を入射させる光入射端 14 に集光機能を有した構造をしている。図 4 に示すように、光入射端 14 の形状を凸面の形状にすると、図中には示していないレーザ光源あるいは光ファイバから射出された光は、光入射端 14 から光導波層 4 に入射されるとともに、光入射端 14 のレンズ効果により集光される。集光された光は、ミラー部 9 で開口 6 の方向に反射され、開口 6 の近辺に照射される。開口 6 の近辺のテーパ部 7 には、光導波層 4 の上部から伝わった光を反射し、より多くの光を開口 6 に集光できるように光反射膜 2 が形成される。このように、集光されることにより、局所的な高エネルギーの光が集められ、開口 6 に生ずる近視野光の強度は増大する。

【0070】

また、光入射端 14 をグレーティング形状にすることもできる。その場合、光入射端 14 に、波長 λ 程度のピッチで溝を形成する。ここで、光導波層 4 に入射する光は、このグレーティングの効果により集光され、ミラー部 9 における反射によって開口 6 の近辺に照射される。

【0071】

実施の形態 2 における近視野光プロープは、図 2 に示した実施の形態 1 における近視野光プロープと同様な製造プロセスによって作製することができる。光入射端 14 の凸面形状は、図 2 に示すステップ S105 の工程にて、異方性を有するエッチングにて作製する。たとえば、反応性のイオンエッチングを用い、凸面の形状を作製する。また、集光機能を光入射端 14 に設けているが、光導波層 4 内に形成しても良いことは言うまでもない。また、図 4 において、近視野光プロ

ープは、近視野光学顕微鏡でいうイルミネーションモードの形態を示しているが、コレクションモードによる利用も可能である。

【0072】

以上、本発明の実施の形態2における近視野光プローブでは、光導波層の一部に光を集光する機能を有しており、開口近辺に多くの光を照射することが可能となり、光強度の大きな近視野光を容易に発生させることができる。

【0073】

また、実施の形態1と同様に、半導体製造プロセスに用いられる技術によって微小な開口を形成できるため、このような開口を有するシリコン基板は、近視野光を生成できる平面プローブとして活用でき、特に同一シリコン基板上に複数の開口を形成するアレイ化を容易とする。また、シリコンプロセスを経て作製するので、バッチ処理が可能となり、量産に適したものとなる。また、ウェハに対する一括した工程で作製できるため、ばらつきが少なく、製品特性が安定する。また、プローブの小型化が可能となり、ウェハあたりの取り個数が増加するので、コスト低減を図ることができる。

【0074】

(実施の形態3)

図5は、実施の形態3に係る近視野光プローブを構成するシリコン基板の一部の断面図を示している。図5では、2つの角度の異なる斜面によりテーパを形成しているシリコン基板を示す。

【0075】

この実施の形態3の近視野光プローブは、開口近辺での斜面を緩やかにし、すなわち開口近辺におけるテーパを広角化することで、開口近辺での光の効率をより向上させたものである。一般的に伝搬光は、光を伝搬する光導波層の幅が、波長 λ より小さな領域では、伝搬ロスが大きい。そこで、開口近辺でのテーパを広角化することで、幅が波長 λ 以下となる領域を小さくし、開口部に到達する光量を大きくすることができる。その結果、開口から発生する近視野光の強度を大きくすることができる。

【0076】

図1に示すシリコン基板1のテーパ部7では、シリコンの異方性エッチングを用いて作製しており、単結晶シリコンの(111)面で斜面を形成している。そのため、テーパ部7の斜面とシリコン基板1の底面との成す角度は、約55度である。

【0077】

一方、図5に示すシリコン基板21のテーパ部では、2つの異なる結晶面で斜面を形成している。上段のテーパ部22の比較的急な勾配の斜面は、シリコン基板の(111)面で形成されており、下段のテーパ部23は比較的緩やかな勾配の斜面、例えば(311)面で形成されている。このように構成されたシリコン基板21の開口24は、斜面とシリコン基板の底面との成す角度が約30度であり、図1に示すシリコン基板1に形成された開口近辺のテーパに比べ、より広角な形状をしている。

【0078】

図6(A)および図6(B)は、図5に示したシリコン基板21の製造工程の一例を示す説明図である。図6(A)は側面からみた形状を、図6(B)は上面からみた形状を示す。

【0079】

はじめに、ステップS201では、半導体製造で使われるフォトリソグラフィ技術を用いて、シリコン基板21上にマスク材25を積層した後、パターニングを行う。なお、そのパターニング形状は、2段以上の階段状とする。マスク材25には、酸化シリコン、窒化シリコン、フォトレジスト等を使用する。

【0080】

続いて、ステップS202では、シリコンの異方性エッチング技術を用いてシリコン基板内にテーパ部を形成する。このエッチング技術として、例えば、水酸化カリウム(KOH)水溶液によってエッチングを行うとすると、シリコンの面方向によってエッチング速度が異なるため、容易にテーパ部を形成することができる。

【0081】

続いて、ステップS203では、マスク材25をエッチングし、階段上に2段

あったマスク材 25 を 1 段のマスク材 26 に加工する。なお、この加工は、マスク材 25 を等方的にエッチングすることにより可能である。その結果、それまでマスク材 25 に覆われていた (100) 面方向をもつシリコン基板の上面の一部がマスク開口窓から新たに出現する。

【0082】

続いて、ステップ S204 では、シリコンの異方性エッチングを行い、シリコン基板 21 内に、2 段で形成したテーパ部を形成する。エッチングを KOH 水溶液等の面方向によってエッチング速度の異なる方法で行った場合、上段のテーパ部 22 の斜面は、単結晶シリコンの (111) 面で形成され、下段のテーパ部 23 の斜面は、(311) 面等で形成される。そこで、下段のテーパ部 23 は上段のテーパ部 22 に比べてより緩やかな斜面となる。

【0083】

続いて、ステップ S205 では、マスク材 26 を除去する。続いて、ステップ S206 では、シリコン基板 21 を裏面側からエッチングし、基板の厚みを薄くすることによってシリコン基板内に微小な開口 24 を形成する。なお、このエッチングは、開口 24 が形成されたところで終了する。その結果、シリコン基板 21 の底面に開口 24 が形成される。開口 24 は、50 nm から 3 μ m 程度のサイズに形成される。エッチングは、ウェットエッチングを用いても、ドライエッチングを用いても良い。

【0084】

そして、上記のようなステップを踏んで作製したシリコン基板 21 を用いて、さらに、実施の形態 1 において図 2 に示したステップ S103 からステップ S106 までを順次行うことにより、光導波層 4、光反射膜 2、光反射膜 3 および凹面形状のミラー部 8 を設けた近視野光プローブを得ることができる。また、同様に、実施の形態 2 に示したように凸面形状の光入射端 14 を設けることもできる。

【0085】

なお、実施の形態 3 に係る近視野光プローブの説明において、図 5 および図 6 は、角度の異なる上下 2 段の斜面により形成されたテーパを例として示したが、

斜面の数が２段に限らず、３段あるいは、４段と複数の斜面により形成されたテーパを有したシリコン基板を用いても良い。

【００８６】

以上、本発明の実施の形態３における近視野光プローブでは、上記のようなシリコンプロセスを経て作製するので、バッチ処理が可能となり、量産に適したものとなる。また、ウェハに対する一括した工程で作製できるため、ばらつきが少なく、製品特性が安定する。また、プローブの小型化が可能となり、ウェハあたりの取り個数が増加するので、コスト低減を図ることができる。

【００８７】

また、実施の形態１と同様に、微小な開口を有する構成が可能となり、近視野光を生成できる平面プローブとして活用できる。特に、同一シリコン基板上に複数の開口を有する構成、すなわちアレイ化を容易とし、光メモリヘッドとして使用した場合、高速な光の記録または再生が可能となる。

【００８８】

また、実施の形態３に係る光導波路プローブでは、図５に示すような開口２４近傍のテーパの形状をより広角にしたシリコン基板２１を用いているため、開口部近辺での光導波層において、波長 λ 以下の領域を小さくすることができ、この領域における光の伝搬ロスを減少させることが可能となる。その結果、開口近辺に集光された光を効率よく近視野光に変換することができる。

【００８９】

（実施の形態４）

図７は、実施の形態４に係る近視野光プローブを構成するシリコン基板の一部の断面図を示している。この実施の形態４の近視野光プローブは、実施の形態３と同様に、開口近辺のテーパを広角化することで、光を伝搬する光導波層の幅が波長 λ より小さくなる領域での伝搬ロスを小さくし、開口近辺において近視野光を生成させるための光の変換効率をより向上させたものである。

【００９０】

図７に示すシリコン基板３１においては、シリコン基板を貫通した穴が形成され、底面に微小な開口３３が形成されている。穴に形成されたテーパ部３２は

、開口33近辺では、その斜面の角度が緩やかになっている。穴の上部では、シリコン基板31の底面に対して55度程度の斜度でテーパ部32を形成しているが、開口近辺では、10度から30度程度の斜度でテーパ部33を形成している。

【0091】

図8は、図7に示したシリコン基板31の製造工程の一例を示す説明図である。はじめに、ステップS301においては、半導体製造で用いられるフォトリソグラフィ技術を用いて、シリコン基板31上に、マスク材34をパターニングした後、シリコンの異方性エッチング技術を用いて、シリコン基板31内にテーパ部を形成する。このエッチング技術として、例えば、水酸化カリウム(KOH)水溶液によってエッチングを行うとすると、シリコンの面方向によってエッチング速度が異なるため、約55度の斜度のテーパ部を形成することができる。

【0092】

続いて、ステップS302では、シリコンの等方性のエッチングを行う。例えば、XeF₂によるエッチングを行うことにより、等方的にシリコンがエッチングされる。等方性を有するエッチングを行うことで、テーパ部32の底部の尖った形状が丸みを有する形状に変化していく。その結果、テーパ部32の底部近くでの斜面の角度は、シリコン基板31の底面に対して10度から30度程度となる。

【0093】

続いて、ステップS303では、マスク材34を除去する。続いて、ステップS304では、シリコン基板31を裏面側からエッチングし、基板の厚みを薄くすることによりシリコン基板31内に微小な開口33を形成する。なお、このエッチングは、開口33が形成されたところで終了する。その結果、シリコン基板31の底面に開口33が形成される。開口33は、50nmから3μm程度のサイズに形成される。また、図9は、図7に示したシリコン基板31の製造工程の他の例を示す説明図である。

【0094】

図9において、まず、ステップS401では、図8のステップS301と同様

に、半導体製造で用いられるフォトリソグラフィ技術を用いて、シリコン基板 39 上に、マスク材 37 をパターンニングした後、シリコンの異方性エッチング技術を用いて、シリコン基板内にテーパ部を形成する。このときのマスク材 37 には、シリコン酸化膜を使用する。

【0095】

続いて、ステップ S402 では、シリコン基板 39 の周辺にシリコン酸化膜 38 を形成する。シリコン酸化膜 38 は、シリコン基板 39 を高温の熱酸化炉の中に投入し、シリコン基板 39 の表面を酸化させることによって作製する。テーパ部の底部では、酸化膜が形成されにくく、その結果、テーパ部の底部でのシリコン酸化膜 38 の厚みは、テーパ部斜面でのシリコン酸化膜 38 の厚みに比べて薄くなる。

【0096】

続いて、ステップ S403 では、シリコン基板 39 の周辺に形成されたシリコン酸化膜 38 を除去する。テーパ部の底部でのシリコン酸化膜 38 の厚みは、テーパ部斜面でのシリコン酸化膜 38 の厚みに比べて薄いため、シリコン酸化膜 38 を除去した後の、シリコン基板 39 のテーパ部 35 の形状は、底部に近づくにつれて斜面の角度が緩やかになり、丸みをおびた形状となる。その結果、テーパ部 35 底部の斜面の角度は、シリコン基板 39 の底面に対して 10 度から 30 度程度となる。

【0097】

続いて、ステップ S404 では、図 8 のステップ S304 と同様に、シリコン基板 39 を裏面側からエッチングし、シリコン基板 39 内に 50 nm から 3 μ m 程度の微小な開口 36 を形成する。実施の形態 4 に係る光導波路プローブの作製工程では、上記のようなステップを踏んで作製したシリコン基板 31、またはシリコン基板 39 を用いて、実施の形態 1 におけるステップ S103 からステップ S106 までを順次行う。

【0098】

以上、本発明の実施の形態 4 における近視野光プローブでは、上記のようなシリコンプロセスを経て作製するので、バッチ処理が可能となり、量産に適したも

のとなる。また、実施の形態 1 と同様に、微小な開口を有する構成が可能となり、近視野光を生成できる平面プローブとして活用できる。特に、シリコン基板上に複数の開口を有する構成、すなわちアレイ化が容易となり、光メモリヘッドとして使用した場合、高速な光の記憶または再生が可能となる。

【0099】

また、実施の形態 4 に係る近視野光プローブでは、図 7 に示すように開口 33 でのテーパの形状をより広角にしたシリコン基板 31 を用いているため、開口部近辺での光導波層の幅が波長 λ 以下となる領域を小さく抑えることができ、この領域での光の伝搬ロスを減少させることが可能となる。その結果、開口近辺に集光された光を効率よく近視野光に変換することができる。

【0100】

なお、実施の形態 1 ～ 4 に係る近視野光プローブは、光メモリヘッドとしての光プローブ以外に、光学顕微鏡用の光プローブとしての使用も可能である。

【0101】

(実施の形態 5)

次に、以上に説明した実施の形態 1 ～ 4 に係る近視野光プローブのような平面プローブにおいて、その開口部を、目的とする大きさや形状に正確に再現性高く形成する方法について説明する。

【0102】

通常、平面プローブにおいては、伝搬光を微小開口に効率よく導くために、テーパ部上に、実施の形態 1 において説明したような光反射膜が形成されるが、この光反射膜は、近視野光プローブの開口に導入される伝搬光を反射するために設けられたものであり、開口の大きさや形状は、図 2 に示したようなエッチング処理を行なうことで形成された穴のエッジ部によって規定されていた。

【0103】

よって、光反射膜の厚みは、シリコン基板の穴のエッジ部に影響を与えない程度に薄く選ばれていたが、「解決しようとする課題」において述べたように、エッチング処理によって微小な開口を形成した場合には、その大きさや形状のばらつきが多く生じ、光反射膜を薄く形成することが正確に制御できたとしても、平

面プローブとして意図した強度の近視野光を得ることができなかった。

【0104】

実施の形態5に係る近視野光プローブの製造方法は、シリコン基板にエッチング処理等によって、目的とする大きさよりも大きい、目的とする形状とは異なった形状の開口を形成し、テーパー部に光反射膜を厚く形成することによって、最終的な微小開口の大きさや形状を規定するものである。

【0105】

図10は、異方性エッチングや等方性エッチング等の方法によってシリコン基板に形成された開口の断面図である。図10において、シリコン基板51は、テーパー部52が形成されることによって微小開口53を設けている。ただし、この微小開口53は、上記したように、目的とする大きさよりも大きい、目的とする形状とは異なった形状である。

【0106】

そしてこのシリコン基板51の表面に光反射膜を形成する。この光反射膜の形成は、通常、スパッタリング法、CVD法、真空蒸着法等の方法を用いて行なわれ、近視野光の生成のために使用される伝搬光の波長 λ に対して高い反射率を有するアルミニウム(Al)や金(Au)等の材料を粒子状にして徐々に対象物(この場合、特にテーパー部52)に堆積させること(以下、成膜と称する)によって達成される。

【0107】

図10において、矢印Aおよび矢印Bは、成膜の方向、すなわち上記した粒子が飛来してくる方向を表している。通常は、矢印Aで示すようにシリコン基板51に対して垂直方向から成膜するが、成膜角度を変えて例えば矢印Bの方向から成膜することも可能である。

【0108】

図11は、成膜後のシリコン基板に形成された開口の断面図である。図11において、光反射膜として金属膜54が膜厚 t で成膜されている。ここで、膜厚 t とは、シリコン基板51の上面(テーパー部52を除く面)に垂直な方向において、シリコン基板51の上面からの金属膜54の厚みを示す。金属膜54が、テ-

パ部 52 上に十分に厚く成膜されることによって、微小開口 53 周辺には金属膜 54 が微小開口 53 の中心に向けて突出量 Δr だけ突出し、元の微小開口（以下、修正前の微小開口と称する）の大きさ d より小さな、大きさ D の微小開口（以下、修正後の微小開口と称する）が形成される。すなわち、生成される近視野光の強度は、修正後の微小開口により規定される。よって、 $D = d - 2\Delta r$ の関係が成り立つ。ここで、突出量 Δr とは、シリコン基板 51 の底面に沿った方向において、修正前の微小開口のエッジ部から、金属膜 54 の突出部までの長さを示す。

【0109】

また、図 11 に示すように、修正後の微小開口の大きさ D は、シリコン基板 51 の底面に沿った方向における金属膜 54 により規定されるのではなく、シリコン基板 51 の底面から Δz だけ上方にずれた位置において規定される。すなわち、この Δz は、修正後の開口と修正前の開口との高さずれを示す。ここで、近視野光の生成条件を満たすには $D < \lambda$ であればよいが、特にレンズによる回折限界以下の開口サイズを必要とするため、 $D < \lambda / 2$ の関係を満たす必要がある。

【0110】

突出量 Δr は膜厚 t に比例するので、この膜厚 t によって、修正後の微小開口の大きさ D を制御することができる。図 12 (a) は、成膜方向を図 10 中の矢印 A とした場合の修正後の微小開口の上面図である。図 12 (a) に示すように、修正前の微小開口 53 から内側に突出量 Δr だけずれて形成された開口部が、近視野光を生成するために有効な大きさおよび形状となる。

【0111】

図 13 は、成膜方向 A から A1 をテーパ部上に成膜した場合の膜厚 t と突出量 Δr の関係を示す図である。特に、図 13 においては、成膜方法として、真空蒸着法とスパッタリング法を行なった場合のそれぞれのグラフを示している。なお、この場合の成膜条件は、真空蒸着法においては、真空度 3×10^{-6} torr、蒸着レート $700 \text{ \AA} / \text{min}$ とし、蒸着された粒子の大きさ（グレインサイズ）は比較的小さく、テーパ部上に均一に成膜される。また、スパッタリング法においては、真空度 3×10^{-3} torr、蒸着レート $200 \text{ \AA} / \text{min}$ とし、グレイ

ンサイズは比較的小さく、テーパ部の底ほど膜厚は薄くなるため真空蒸着法の場合よりも突出量は小さくなる。

【0112】

図13から、膜厚 t と突出量 Δr の関係は、 $\Delta r > t/10$ と表すことが可能である。すなわち、上記した成膜条件においては、突出量 Δr は膜厚 t の10分の1以下になることはなく、仮に突出量 Δr が膜厚 t の10分の1以下となる関係となる場合は、開口サイズや開口形状を制御するには非常に厚い膜を成膜しなければならなくなり効率的ではない。よって、上記した成膜条件程度によって成膜することが好ましい。また、真空蒸着法においては、蒸着レートを上記した成膜条件よりも遅くしてグレインサイズを大きくすることにより、 $\Delta r = t/2$ 程度まで突出量 Δr を大きくすることが可能である。

【0113】

図14は、膜厚 t と最大突出部の底面から高さずれ Δz の関係を示す図である。特に、図14においては、成膜方法として真空蒸着法を行なった場合のグラフを示しており、成膜条件は上記した通りである。図14から $\Delta z \sim t/3$ と表すことが可能である。すなわち、膜厚 t が増大するにつれて、高さずれ Δz も増大する。

【0114】

これら図13および図14から、膜厚 t を厚くして突出量 Δr を増やした場合、修正後の微小開口の大きさ D は小さくなるが、高さずれ Δz も増大し、近視野光を生成するのに有効となる開口位置が底面から離れてしまう。これは、近視野光は開口から離れるほど指数関数的に減衰するという性質から、高さずれ Δz が増大するにつれて、近視野光強度が小さくなることを意味する。また同時に、近視野光は微小開口から離れるほど広がってしまうため、分解能が低下することを意味する。例えば、微小開口と記録媒体間の距離が微小開口の大きさ程度離れると、分解能は約 $1/2$ になる。この距離が分解能の限界とすると、修正後の微小開口の大きさ D は、 $\Delta z < D = d - 2\Delta r$ と表すことができる。よって、高さずれ Δz の増大は好ましくなく、小さいほどよい。

【0115】

また、例えば真空蒸着法において成膜方向を傾けることで、修正後の微小開口の形状を制御することができる。図 12 (b) は、成膜方向を図 10 中の矢印 B とした場合の修正後の微小開口の上面図である。図 12 (b) は、特に矢印 B をシリコン基板 51 に垂直な方向に対して約 20 度傾けた方向とした場合を示している。図 12 (b) に示すように、蒸着方向に対向する面に厚く金属膜が形成され、逆の面には薄く金属膜が形成されている。その突出量の増減量は、図 12 (a) の場合の突出量 Δr に対して約 20 % であることが確認された。

【0116】

例として、真空蒸着法による成膜の場合、Al の膜厚 $t = 150$ ナノメートルとすると、 $\Delta z = 40 \sim 50$ ナノメートル、 $\Delta r = 70 \sim 80$ ナノメートルであり、修正前の微小開口の大きさ（径） $d = 250$ ナノメートルが修正後の微小開口の大きさ $D = 100$ ナノメートルとなり、 $\Delta z < D$ の上記式を満たす。スパッタリング法による成膜の場合、高さずれ Δz も突出量 Δr も真空蒸着法より小さくなるので、 $\Delta z < D$ を当然満たす。

【0117】

以上においては、テーパ部 52 上に成膜した場合について説明したが、シリコン基板 51 の裏面上に成膜して、微小開口の大きさおよび形状を制御することもできる。図 15 は、シリコン基板裏面に成膜した後に形成された開口の断面図である。なお、図中において図 11 と共通する意味の長さには同一符号を付して、その説明を省略する。

【0118】

図 15 において、成膜方法として真空蒸着法を行なう場合、膜厚 t と突出量 Δr の関係はテーパ部 52 上に成膜した場合とほとんど差はないが、スパッタリング法を行なう場合、膜厚 t と突出量 Δr の関係はテーパ部 52 のような障害が存在しないため、膜厚 t に対する突出量 Δr は大きくなる。

【0119】

また、膜厚 t と高さずれ Δz の関係は、図 14 に示したグラフと同様か、さらに高さずれ Δz は小さくなる傾向にある。しかしこの場合、高さずれ Δz は、大きいほど近視野光の生成に有効な開口が記録媒体に近づくことになるので、上記

したテーパ部52上に成膜する場合とは異なる。よって、図15において、修正後の微小開口の大きさDは、 $t - \Delta z < D = d - 2\Delta r$ と表すことができ、これにより膜厚tを厚くすることはできない。

【0120】

また、テーパ部52上とシリコン基板の裏面上との両方から成膜した場合には、基本的には、近視野光を生成するのに有効な微小開口は最も小さな部分で規定される。その場合、最も小さな開口と平面プローブの底面との距離を小さくすることにより、近視野光の生成を効率よく行なうことができる。

【0121】

なお、以上に説明した膜厚tは、光の侵入長（金属膜に対する伝搬光の染み込み）以上であればよく、侵入長以下でも反射率が低くなるだけで特に問題はない。突出量 Δr や突出形状は、成膜方法や成膜条件により異なる。蒸着の場合、方向性がよいので突出量は小さくなる。しかし、テーパ内部の成膜では開口近傍でも十分成膜できる。一方、スパッタリング法では、回り込みが大きいため突出量が大きいが、テーパ部の成膜では開口近辺には成膜しにくい。

【0122】

また、上記したシリコン基板はSOI（Silicon on insulator）を用いた薄い場合でも、通常のように500ミクロン程度と厚い場合でも良い。テーパ部の形状や作製方法は、異方性エッチングだけでなく、円弧状になる等方性エッチングでも良く、特に限定しない。また、シリコン基板ではなく、ガラス基板を使用し、等方性エッチングなどでテーパ部を形成することもできる。

【0123】

以上、本発明の実施の形態5における近視野光プローブの製造方法では、シリコン基板に目的とする大きさや形状よりも大きな開口を形成し、この開口のテーパ部上および／またはシリコン基板裏面上に成膜する光反射膜の量を制御することにより、近視野光を生成するための微小開口の大きさおよび形状を規定しているので、エッチング処理等によりシリコン基板に開口を微小に形成する際のばらつきの問題を、比較的制御の容易な成膜処理によって解消することができ、歩留まり良く平面プローブを得ることができる。

【 0 1 2 4 】

(実施の形態 6)

次に、微小開口の大きさや形状を制御する他の近視野光プローブの製造方法について説明する。実施の形態 5 で示したように、シリコン基板に微小開口を形成した後、熱酸化する。このとき、酸化する度合いに応じて、表面に形成される熱酸化膜の膜厚は制御できるが、酸化される部分には体積変化も生じているため、この体積変化量も制御できる。図 1 6 は、熱酸化により体積変化が生じて、微小開口の大きさが変化する様子を示す断面図である。図 1 6 に示すように、熱酸化膜 5 5 が形成されることにより、元のテーパ部や微小開口の形状（図中の波線）が、実線で示す形状に変化する。

【 0 1 2 5 】

シリコン基板を酸化すると（通常は熱酸化）、酸化膜厚（通常最大で 1.2 ミクロン程度）に応じて体積変化が生じる。元の形状を点線で示すが、体積変化で実線の形状になる。約 1 : 1 で外側と内側に酸化膜の領域が形成される。熱酸化膜厚は通常最大で 1.2 ミクロン程度なので、最大で内側に 6 0 0 ナノメートル程度（直径では 1.2 ミクロン程度）開口を小さくできる。イオン注入後などでは、もっと膜厚は厚くなる可能性がある。

【 0 1 2 6 】

酸化膜の膜厚を制御することで、体積変化つまり突出量を制御できる。ただし、酸化膜は通常の光（可視光など）に対しては、透過性であるから、通常は微小な開口形成には金属膜が必要となる。ただしその金属膜は遮光できればよいため、実施の形態 5 に示したほど厚くなくても良い。金属膜の製膜は上側や下側のどちらでも良く、光の微小開口からの出射効率が変わるだけである。熱酸化だけでなく、イオン注入などによってもシリコンがアモルファス化して体積変化が生じるので、イオン注入も利用できる。他の体積変化が生じる方法なら、熱酸化やイオン注入に限らない。

【 0 1 2 7 】

以上、本発明の実施の形態 6 における近視野光プローブの製造方法では、シリコン基板に目的とする大きさや形状よりも大きな開口を形成し、この開口のテー

パ部を含めた表面を熱酸化またはイオン注入することにより、近視野光を生成するための微小開口の大きさおよび形状を規定しているので、エッチング処理等によりシリコン基板に開口を微小に形成する際のばらつきの問題を、比較的制御の容易な熱酸化またはイオン注入処理によって解消することができ、歩留まり良く平面プローブを得ることができる。

【0128】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の近視野光プローブによれば、従来のプローブに比べ、光を集光する機能を設け、さらに、光の伝搬ロスを抑える構造に形成してあるため、開口部からは十分な強さの近視野光を生成することができる。また、平面プローブの形状をしており、突出した先鋭部を持たないために十分な機械的な強度を有した近視野光プローブである。

【0129】

さらに、シリコンプロセスを経て製造されており、バッチ処理が可能となり、量産に適した製造方法である。また、ウェハに対する一括した工程で作製できるため、ばらつきが少なく、製品が安定する。また、プローブの小型化が可能となり、ウェハあたりの取り個数が増加するので、コスト低減ができる。また、2次元に配列したアレイ化に適した構造であり、光メモリヘッドとして使用した場合、高速な光の記憶または再生が可能となる。

【0130】

また、本発明の近視野光プローブの製造方法によれば、目的とする大きさ以上の開口を形成したシリコン基板に対して、金属膜の成膜、熱酸化、イオン注入によって、近視野光を生成するための微小開口の大きさおよび形状を規定するので、エッチング処理等により微小開口の大きさおよび形状を規定するのに比較して、より正確で歩留まり良く近視野光プローブを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態1に係る近視野光プローブの一部を示す断面図である。

【図2】

図 1 に示した近視野光プローブの製造工程を示す説明図である。

【図 3】

本発明の実施の形態 1 に係る近視野光メモリヘッドのアレイ化を示す説明図である。

【図 4】

本発明の実施の形態 2 に係る近視野光プローブの一部を示す断面図である。

【図 5】

本発明の実施の形態 3 に係る近視野光プローブを構成しているシリコン基板の一部を示す断面図である。

【図 6】

図 5 に示した近視野光プローブを構成しているシリコン基板の製造工程を示す説明図である。

【図 7】

本発明の実施の形態 4 に係る近視野光プローブを構成しているシリコン基板の一部を示す断面図である。

【図 8】

図 7 に示した近視野光プローブを構成しているシリコン基板の製造工程の一例を示す説明図である。

【図 9】

図 7 に示した近視野光プローブを構成しているシリコン基板の製造工程の一例を示す説明図である。

【図 10】

実施の形態 5 に係る近視野光プローブの製造方法においてシリコン基板に形成された開口の断面図である。

【図 11】

実施の形態 5 においてテーパ部上に成膜後の開口の断面図である。

【図 12】

実施の形態 5 において修正後の微小開口の上面図である。

【図 13】

実施の形態 5 においてテーパ部上に成膜した場合の膜厚 t と突出量 Δr の関係を示す図である。

【図 1 4】

実施の形態 5 において膜厚 t と最大突出部の底面から高さ Δz の関係を示す図である。

【図 1 5】

本発明の実施の形態 5 に係る、平面基板に形成した微小開口の大きさや形状を制御する様子を示す説明図である。

【図 1 6】

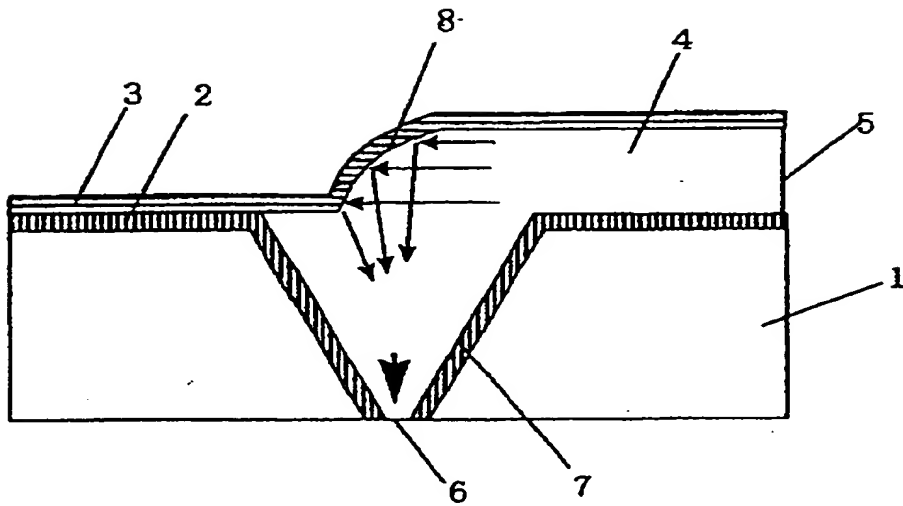
本発明の実施の形態 6 に係る、平面基板に形成した微小開口の大きさや形状を制御する様子を示す説明図である。

【符号の説明】

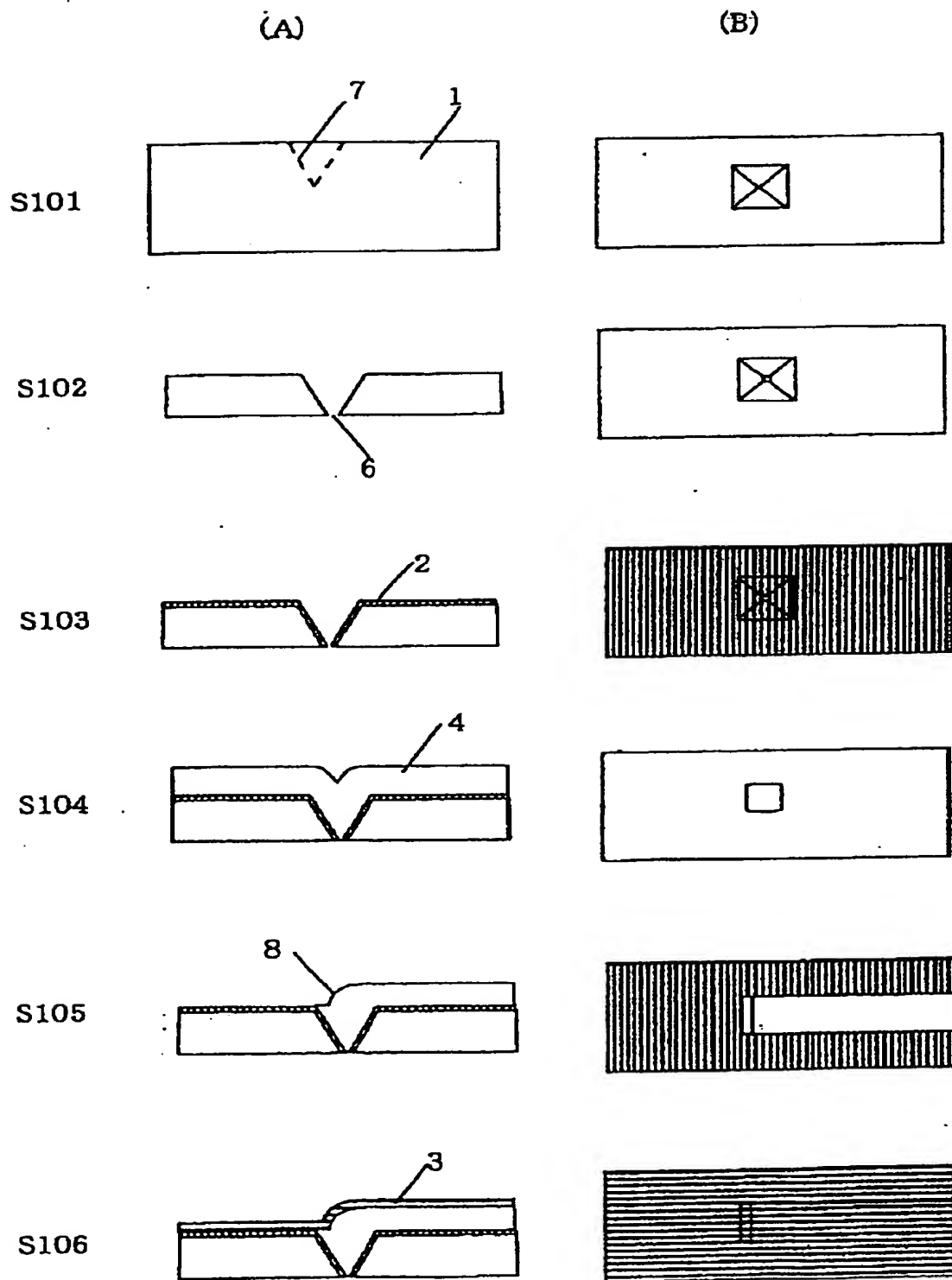
- 1, 10, 21, 31, 39, 51 シリコン基板
- 2, 3 光反射膜
- 4, 13 光導波層
- 5, 14 光入射端
- 6, 24, 33, 36 開口
- 7, 32, 35, 52 テーパ部
- 8, 9 ミラー部
- 11 光メモリヘッド
- 12 光源
- 22 上段のテーパ部
- 23 下段のテーパ部
- 25, 26, 34, 37 マスク材
- 38 シリコン酸化膜
- 53 微小開口
- 54 金属膜
- 55 酸化膜

【書類名】 図面

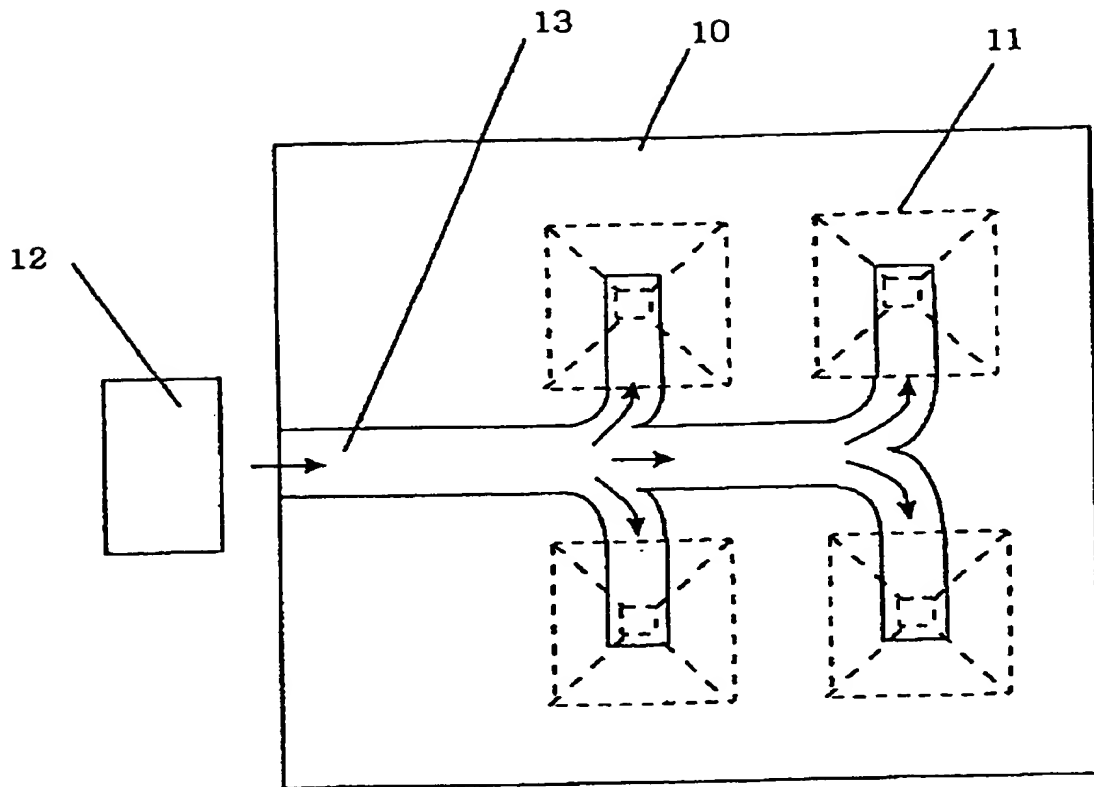
【図 1】



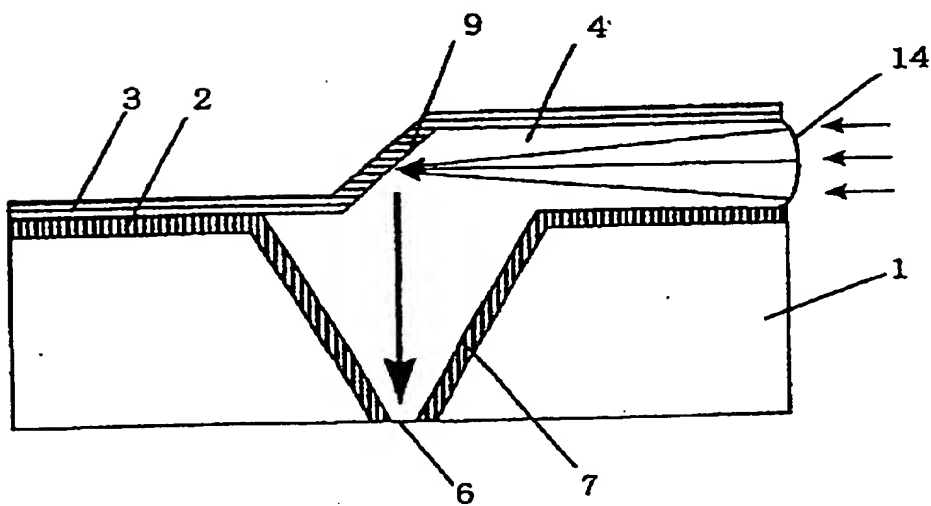
【図 2】



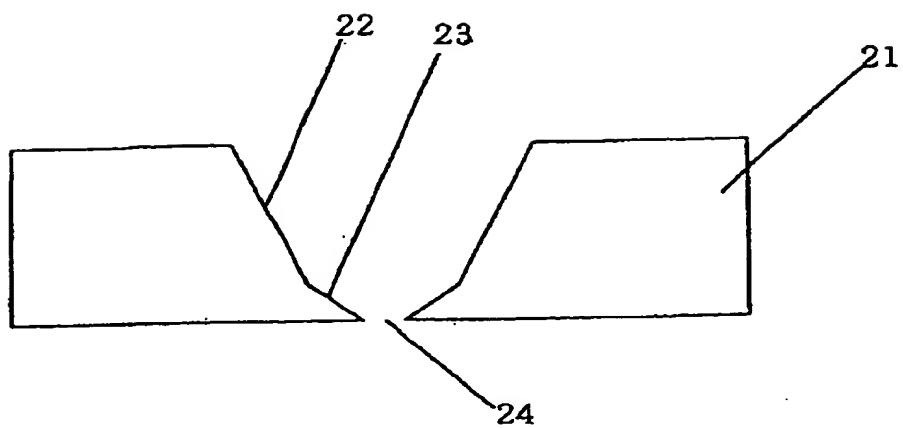
【図 3】



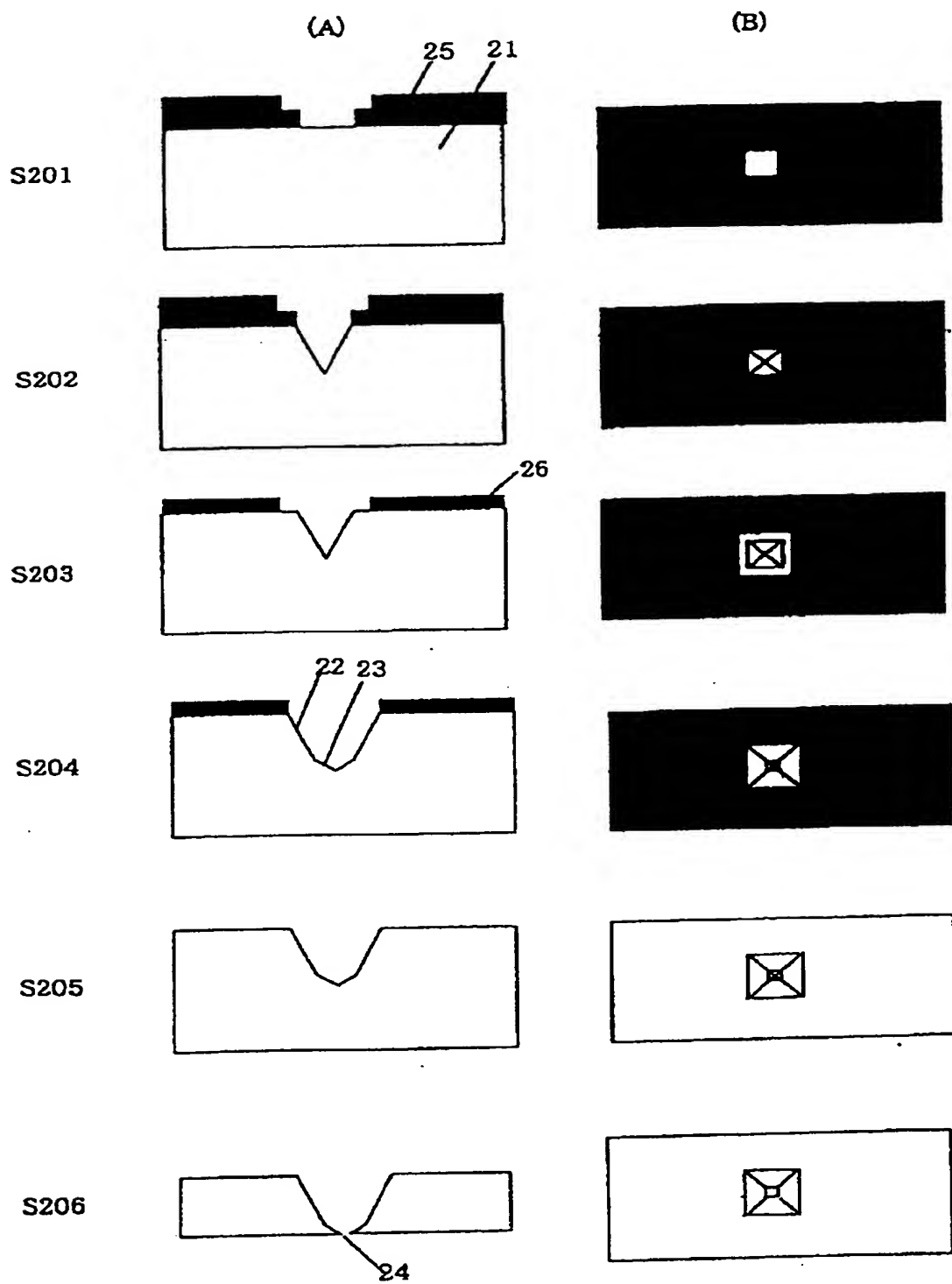
【図 4】



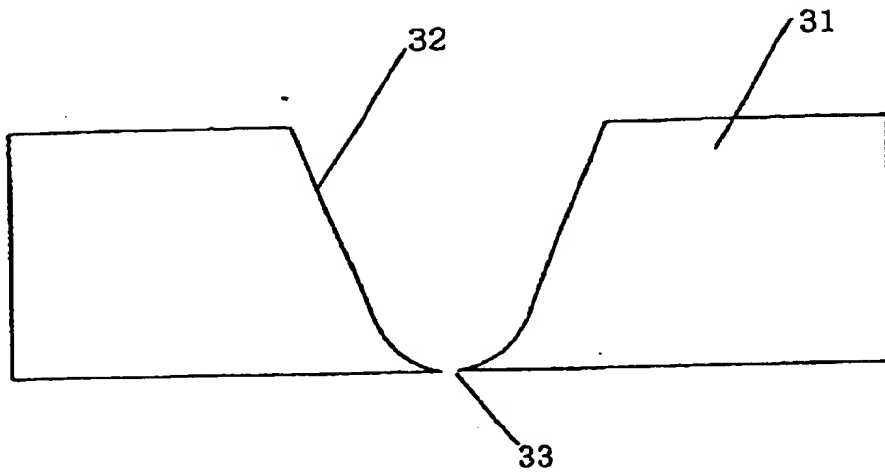
【図5】



【図 6】

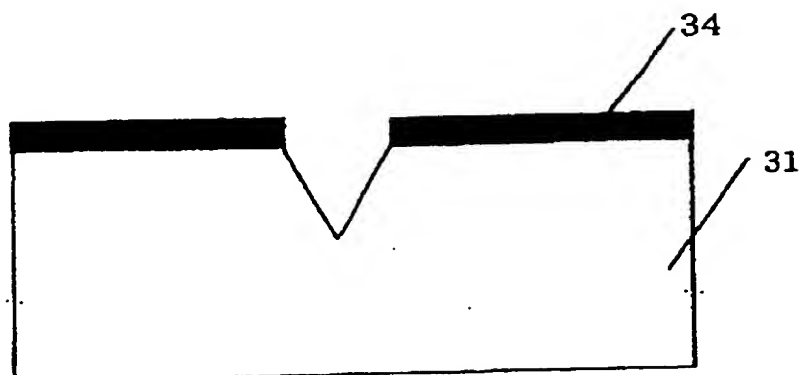


【図 7】

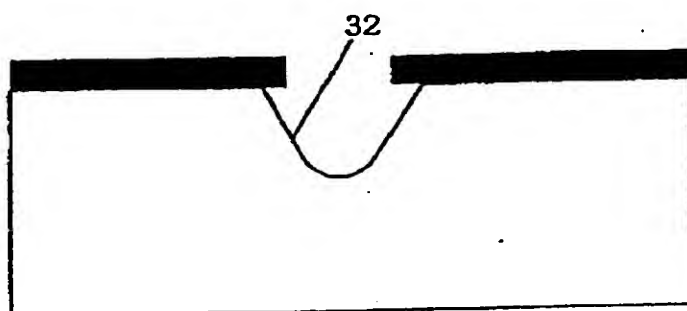


【図 8】

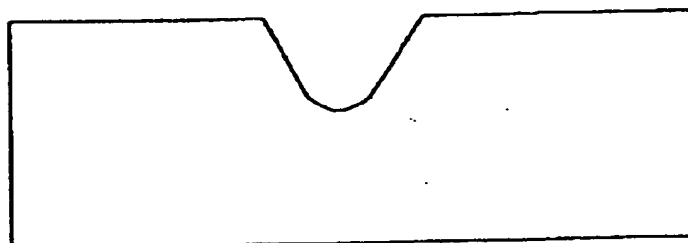
S301



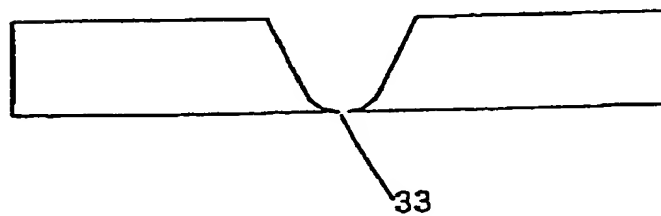
S302



S303

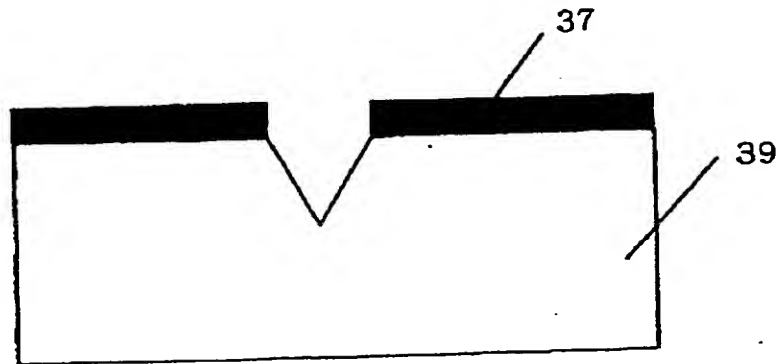


S304

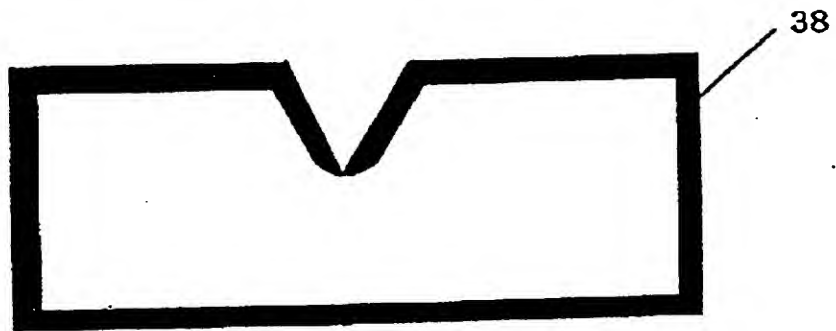


【図9】

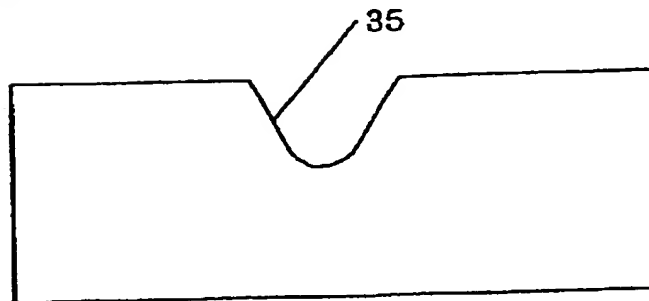
S401



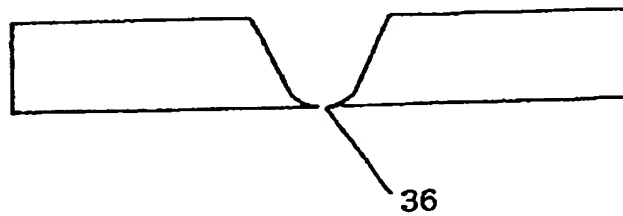
S402



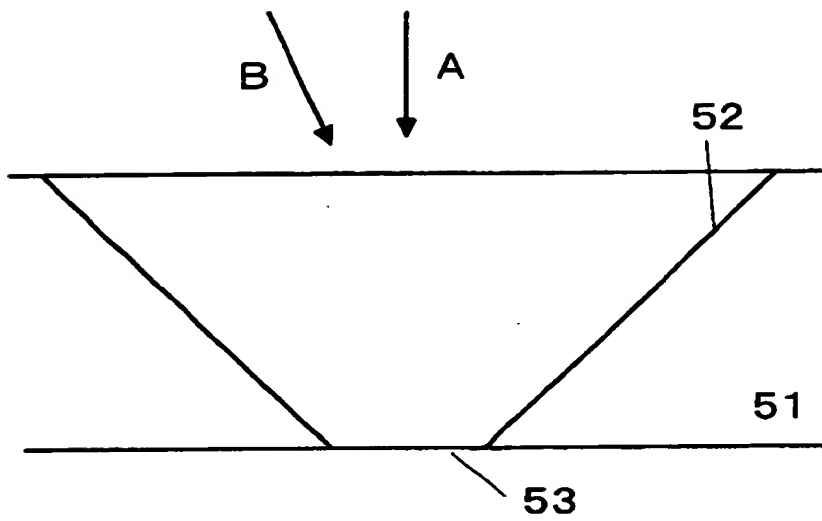
S403



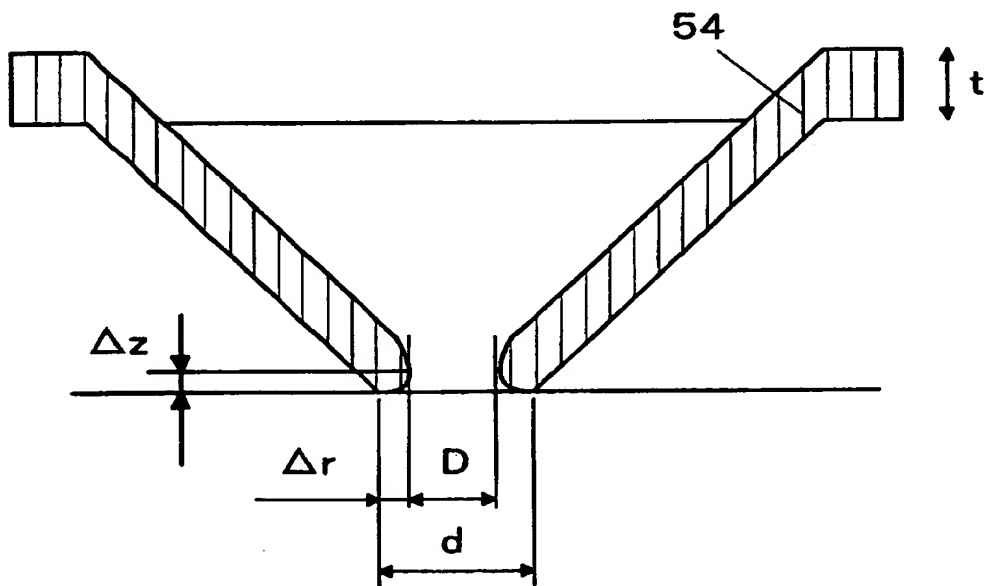
S404



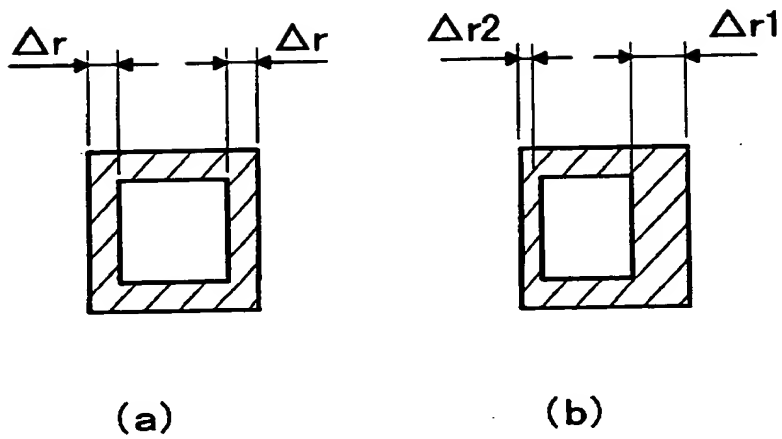
【図 10】



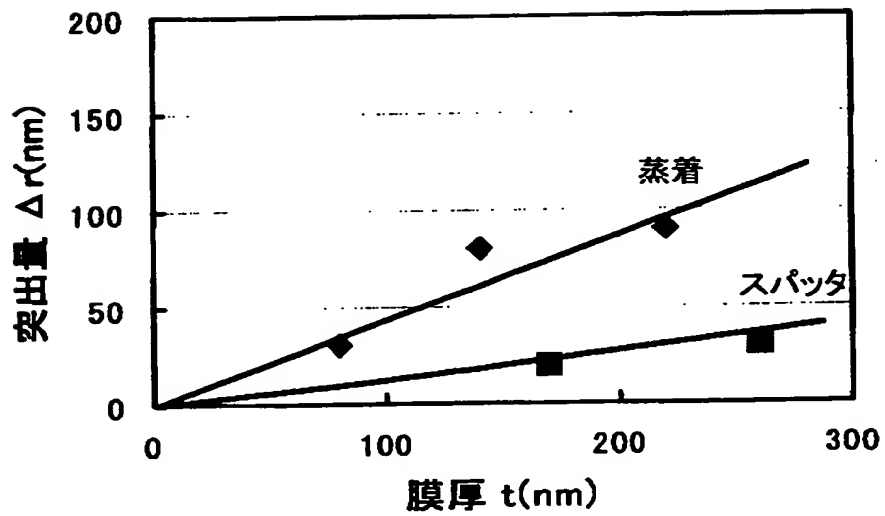
【図 11】



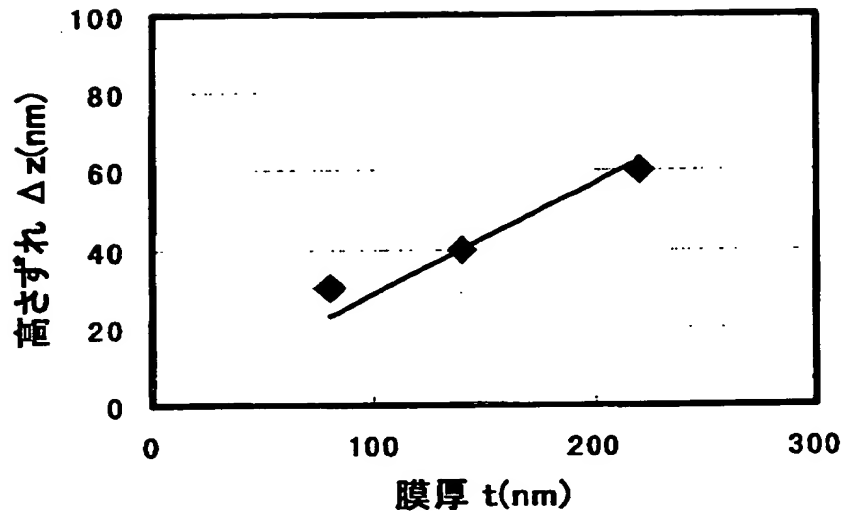
【図 12】



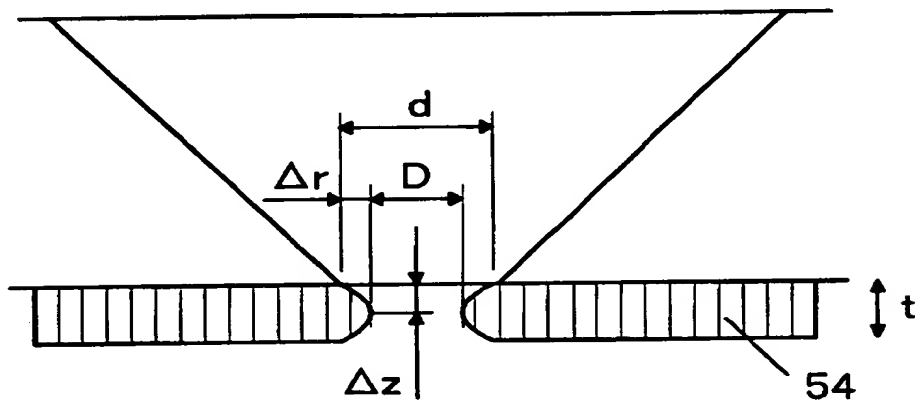
【図 13】



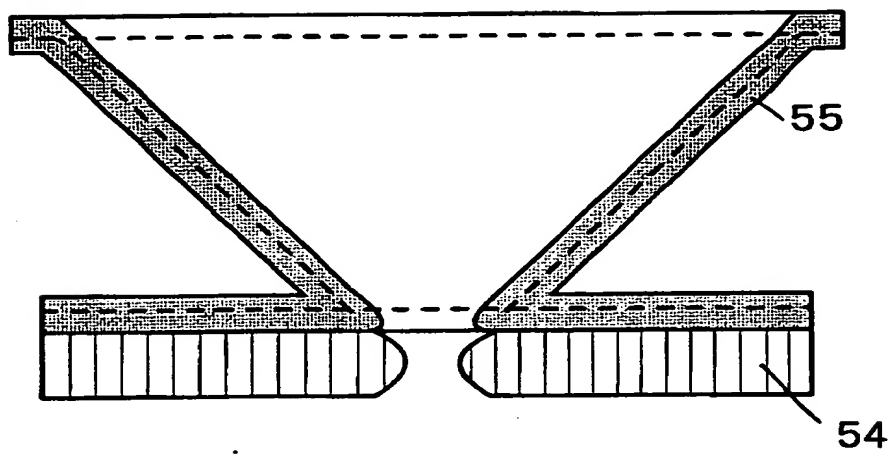
【図 14】



【図 15】



【図 1 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 シリコンプロセスを用いて製造でき、平面基板に形成した微小開口から十分な光を照射、検出できる近視野光プローブを得ること。

【解決手段】 この近視野光プローブは、微小開口 6 をもつ平面基板 1 と、微小開口 6 近傍に十分な光を伝搬する光導波層 5 と、光の方向を曲げる光反射膜 3 とから構成されており、光導波層 5、または光反射膜 3 の一部に、集光機能を設けた構成をしている。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第008082号
受付番号	59900032215
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成11年 1月25日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】

000002325

【住所又は居所】

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

【氏名又は名称】

セイコーインスツルメンツ株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】

100096286

【住所又は居所】

千葉県松戸市千駄堀1493-7 林特許事務所

【氏名又は名称】

林 敬之助

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002325]

1. 変更年月日	1997年 7月23日
[変更理由]	名称変更
住 所	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
氏 名	セイコーインスツルメンツ株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[593107672]

1. 変更年月日	1993年 4月27日
[変更理由]	新規登録
住 所	岐阜県羽島市小熊町西小熊4005番地
氏 名	福寿工業株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

56

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.